

DOI: 10.3969/j.issn.1004-7328.2016.05.009

北京新机场项目 对屈家店枢纽行洪的影响研究及消减措施

刘江侠¹, 齐 静¹, 王佰伟²

(1.海河水利委员会科技咨询中心,天津 300170;2.水利部海河水利委员会,天津 300170)

摘 要:北京新机场的建设将占压永定河的部分泛区,机场区域地面硬化后沥水流量也将增大,会对永定河行洪造成一定影响。为了定量研究新机场建设的影响,以永定河下游控制性工程屈家店枢纽为研究对象,根据永定河泛区的测量资料,建立了永定河泛区二维非恒定流水力学模型和河道一维非恒定流模型相耦合的水力学模型。在维持永定河系现有防洪格局基础上,采取原有的泛区运用调度方式,并在保持分区运用次序和口门启用顺序不变的情况下,模拟计算永定河遇不同标准洪水时的行洪过程,分析新机场近期建设情况下屈家店枢纽最高洪水位和最大泄洪流量的变化。

关键词:行洪影响;水力学模型;北京新机场;屈家店枢纽;永定河泛区

中图分类号:TV877

文献标识码:A

文章编号:1004-7328(2016)05-0027-04

1 引言

涉河工程项目会改变水流要素,影响汛期行洪过程,必须进行洪水影响评价。随着对洪水运行规律认识的深入和数值计算在水利工程中应用的发展,数学模型已被广泛应用到各种工程的防洪影响计算中^[1],充分发挥了其较好模拟水流运动规律、投资少、周期短的优势。长期以来,我国开展了各类建设工程项目的防洪影响评价,如桥梁建设^[2]、公路建设^[3]、拦河坝工程^[4]、护岸工程^[5]、港航工程建设和复建^[6,7]、航道整治^[8]等对行洪的影响,积累了丰富的理论和实践经验。

北京新机场是我国“十二五”规划重点建设项目,是一座综合性超大型国际机场,将占压永定河泛区的部分面积,需要评价其对永定河的防洪影响。本文利用建立的永定河泛区二维非恒定流和河道一维非恒定流相耦合的模型,以下游关键性水利枢纽屈家店枢纽行洪过程中的主要因素为研究对象,定量分析了不同重现期设计洪水下新机场建设对屈家店枢纽行洪带来的影响。

2 概况

2.1 北京新机场项目概况

北京新机场工程选址于北京市大兴区与河北省廊坊市交界处,近期建设占压永定河泛区3.02 km²,在机场东侧修建防洪堤后,防洪堤西侧区域占用泛区面积28.62 km²。北京新机场工程对永定河防洪的影响,主要表现为两方面:一是机场占压泛区面积影响了滞洪范围与滞洪容积,对设计标准洪水的调度产生一定的影响;二是机场区域地面硬化后沥水流量增加,对永定河泛区中小洪水的调度产生一定的影响。

2.2 永定河泛区及屈家店枢纽概况

永定河防洪体系按100年一遇洪水标准设防,现今的永定河泛区是1939年洪水时永定河改道后形成的,上自梁各庄,下至屈家店枢纽,承担“缓洪、沉沙、削峰”任务。泛区周边南侧建有永定河故道左堤、北遥堤、增产堤等,北侧建有新北堤、护河堤、北运河左堤等。泛区围堤内的各小埝将泛区分隔成4个区域共计9个部分,各分区控制口门及位置如图1所示。

屈家店枢纽位于永定河下游,由北运河节制闸、新引河进洪闸和永定新河进洪闸组成,是控制永定

收稿日期:2016-07-15

作者简介:刘江侠(1981—),女,硕士,高级工程师,主要从事水资源与防洪研究工作。

河水泄入永定新河的水闸枢纽。该枢纽工程以防洪为主, 担负着北运河、永定新河泄洪任务, 直接保护天津市和京津公路、京山铁路安全, 是永定河下游至重要的防洪工程。

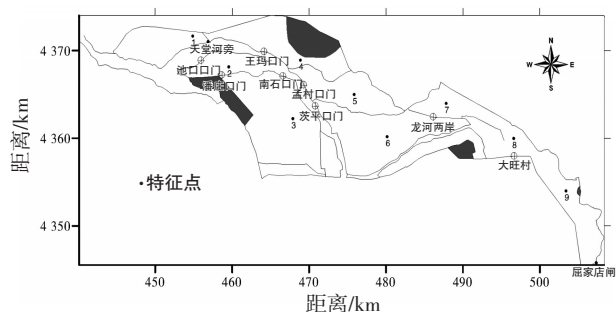


图1 各分区控制口门及位置

3 永定河泛区洪水模拟模型

3.1 河道一维非恒定流水力学模型

运用主河道 199 个实测断面, 建立从永定河上游梁各庄以上 14.5 km 处断面到下游西张务枢纽的河道一维非恒定流模拟模型。描述明渠非恒定流方程为:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{q}{B}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + (gA - \frac{BQ^2}{A^2}) \frac{\partial Z}{\partial x} + 2 \frac{Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} - g \frac{|Q|Q}{AC^2R} + \frac{Q}{A} q$$

(1)

式中: Z 为水位(m); t 为时间坐标(s); B 为模化宽度(m); Q 为流量(m^3/s); x 为沿程断面坐标; q 为旁侧出流单宽流量(m^3/s); g 为重力加速度(m/s^2); A 为过流面积(m^2); C 为谢才系数; R 为水力半径(m)。

方程离散选择三点隐式差分格式, 用追赶法求解离散线性方程组。河道入流边界有永定河上游来水过程、天堂河入流过程(分为有机场排水和无机场排水两种情况)和龙河入流过程。模型出流边界为屈家店枢纽的水位流量关系和河道上的泛区分洪口门。

3.2 泛区二维非恒定流水力学模型

泛区二维非恒定流, 采用下式模拟。

连续方程为:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = q$$

(2)

动量方程为:

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} + gh \frac{\partial z}{\partial x} + g \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} = 0$$

(3)

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} + gh \frac{\partial z}{\partial y} + g \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} = 0$$

(4)

式中: H 为水深(m); t 为时间坐标(s); Z_0 为底高程(m); q 为源汇项(m^3/s); M, N 分别为 x, y 方向上的单宽流量(m^3/s), 且 $M = Hu$, $N = Hv$; u, v 分别为 x, y 方向的平均流速(m/s); n 为糙率; x, y 为 x, y 方向沿程断面坐标; g 为重力加速度(m/s^2)。

方程采用有限体积离散法求其数值解。

3.3 一二维衔接模式

一二维模型衔接模式采用一维旁侧出流流量等于二维模型边界流量, 一二维水位差确定堰流流量、方向的方法交替叠代计算, 达到一二维衔接模型联解的目的。衔接口门条件为:

$$\begin{cases} Q_{\Gamma}^{T+dt} = Q_j^T \\ Q_j^{T+dt} = \sigma_c \sigma_s m \sqrt{2g} (H_j^{3/2})_{\Gamma}^T \end{cases}$$

(5)

式中: Q_j 为一维旁侧出流流量(m^3/s); Q_{Γ} 为二维模型边界流量(m^3/s); H_j 为衔接断面上游的堰上水头(m); σ_c 为侧收缩系数; σ_s 为淹没系数; m 为流量系数; g 为重力加速度(m/s^2)。

一维模型截取原河道 199 个断面的上游河道 105 个断面, 在西张务处与二维泛区河道衔接。一维河道还包括南前卫垸与南小垸间的从池口分洪口门到南石口门上游 19 个断面; 朱庄至西张务的堤外断面 13 个。河道与二维泛区衔接位置为池口口门、天堂河旁的低堤、王玛口门、南石口门、西孟村口门、茨平口门、朱庄前卫垸。二维模型中潘庄口门控制南小垸两侧的衔接, 龙河扒口联通龙河两侧的滞洪区, 屈家店枢纽根据水位流量关系控制, 龙河来水采用通道来流过程控制, 其他隔堤选择低堤位置进行退水扒口。河道上游控制边界为梁各庄断面入流, 下游出流控制边界为西张务的水位流量关系; 泛区入流边界为天堂河入流(包括机场排水河)、龙河入流以及一维河道与二维泛区衔接的各口门的入流, 下游控制边界为屈家店枢纽的水位流量关系。永定河泛区网格和地形走势变化如图 2 所示, 一二维衔接模型及口门分布如图 3 所示。

4 影响分析

4.1 洪水调度方式及洪水组合

永定河泛区各小垸分洪口门分洪运用按照现行的《永定河洪水调度方案》(2004 年方案) 进行控制。洪水组合为: 永定河小于 10 年一遇洪水按与 5 年一遇天堂河、龙河和机场的沥涝水组合考虑; 10 ~ 50 年一遇及其以上洪水与沥涝水组合按错级

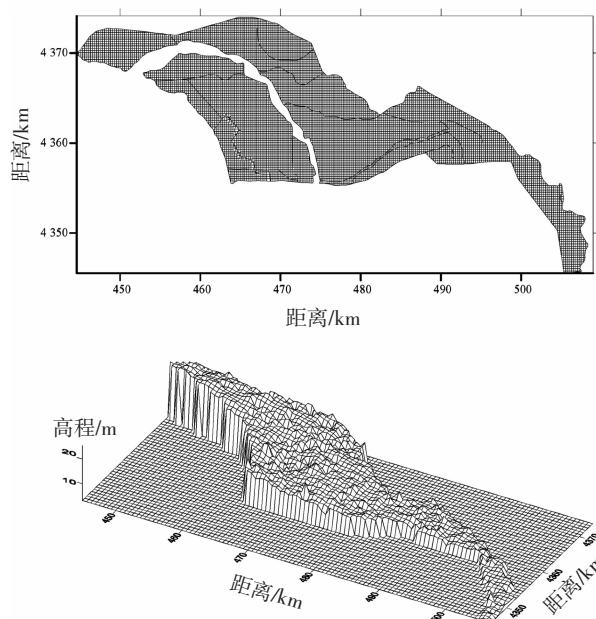


图2 永定河泛区二维网格及地形

相加考虑,即10年一遇洪水与5年一遇沥涝水组合、20年一遇洪水与10年一遇沥涝水组合、50年一遇洪水与20年一遇沥涝水组合;考虑到沥涝水的排水条件,大于50年一遇洪水均与20年一遇沥涝水组合。

表1 新机场项目近期建设前后行洪要素及其变化

洪水	最高水位/m			最大流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		
	建设前	建设后	变化量	建设前	建设后	变化量
10年一遇	4.755	4.757	0.002	906.925	907.763	0.837
20年一遇	5.295	5.304	0.009	1 165.693	1 170.592	4.899
50年一遇	5.952	5.962	0.010	1 660.333	1 668.896	8.562
100年一遇	6.029	6.045	0.015	1 725.209	1 737.846	12.636
200年一遇	6.124	6.145	0.022	1 804.276	1 822.403	18.126

新机场项目近期建设前后,随着洪水量级的增大,最高水位和最大泄流量的变化越来越大。100年一遇洪水情况下,新机场建设前屈家店枢纽前最高水位为6.03 m,建设后为6.04 m,雍高0.01 m,约上升0.2%;新机场建设前后最大泄量分别为1 725、

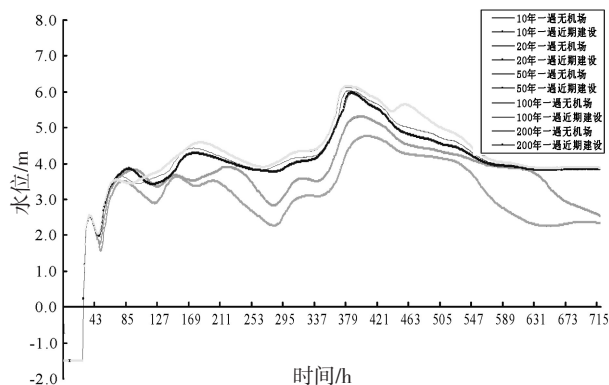


图4 屈家店枢纽前不同频率水位变化

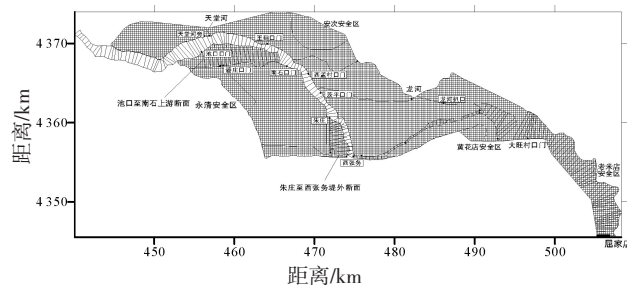


图3 一二维衔接模型及主要控制口门分布

新机场近期建成后,沥水量将有所增加。永定河泛区内河道承纳的沥水流量增加,将会对下游屈家店枢纽泄洪形成一定压力。运用建立的水力学模型,针对新机场建设前后的情况,在现有洪水调度方式下,对永定河遭遇不同重现期设计洪水情况下屈家店枢纽的行洪过程进行了模拟,得到了关键性要素。模拟计算时,选取了10、20、50、100、200年一遇永定河设计洪水。

4.2 新机场项目近期建设对屈家店枢纽水位和泄量的影响

通过模拟计算,得到不同量级洪水时新机场项目近期建设下屈家店枢纽泄洪过程中达到的最高水位、最大泄流量以及2个要素在近期建设前后的变化情况,见表1。

1 738 m^3/s ,相差13 m^3/s ,约上升0.8%。

由此可见,新机场建设对屈家店枢纽的水位和泄量影响较小。新机场建设前后不同频率屈家店枢纽前水位和泄量变化过程,如图4—5所示。

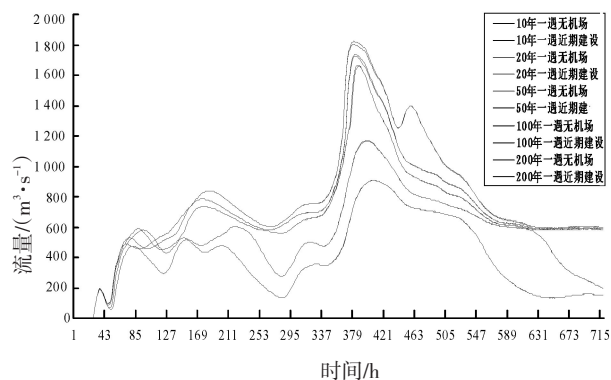


图5 屈家店枢纽不同频率洪水泄量变化

(下转第70页)

利用率低。科研人员需要数据时,需要到相关单位购买数据,或自行开展观测,浪费了大量资金和精力,同样科研人员获得数据资料后也不进行共享。在国际合作中,出于保密考虑,国际合作者很难拿到中方数据资料。2015年,国务院办公厅发布了《关于运用大数据加强对市场主体服务和监管的若干意见》,提出了数据共享的原则性要求。这就需要有关部门创新发展理念,摒弃行业保护,进一步加强顶层设计,自上而下,推进行业基础数据共享,激发全社会创新创造活力,让水利大数据为经济社会发展服务。

(4)推进国际合作资源共享。各单位都拥有不同的国际合作资源,只有共享共用才能发挥最大的效

=====

(上接第29页)

4.3 补救措施

新机场建设对屈家店枢纽水位影响较小,可采取自行消化缓滞沥水、缓滞沥水外排及建设滞蓄工程3个方案。

(1)自行消化缓滞沥水。在建设新机场前,洪水自梁各庄进入永定河泛区,区间有天堂河和龙河的沥水进入,无其他的洪沥水。新机场建设后,除上述洪水外,还有新机场的沥水会排入永定河泛区,这样必将对屈家店枢纽的防洪风险产生影响。自行消化缓滞沥水方案是将新机场区域内产生的沥水自行解决,且返还占用的天堂河和龙河区域,即永定河泛区和天堂河、龙河的产流区域不变,向永定河排入的流量过程不变。该方案与不建机场时的防洪工程及洪水过程一致,对永定河防洪没有影响。若将新机场建设后的影响减小到零,需采取相应的工程和非工程措施。新机场近期占用滞洪容积160万 m^3 左右,按照占一还一的原则对泛区容积进行补偿。

(2)缓滞沥水外排。按照新机场建设的可行性研究,新机场近期建设规模内部滞蓄水量160万 m^3 左右,需外排流量为30~45 m^3/s 。外排水量将对永定河防洪产生一些影响,这就要求新机场按照沥水增量自行消化的原则增加沥水调蓄措施,洪水期外排流量等于为建设机场前该区的排水流量。为此,建议修建相应的滞蓄水库,使新机场排出的水量缓滞,然后排入永定河;另外,加固新机场周边的防洪工程。防洪工程包括新机场周边的永定河左堤、东侧新建的防洪堤工程、改道后新填筑的天堂河右堤工程。其中,新机场南侧永定河左堤为险工段,应按

能。水利部致力于把国际合作渠道共享给直属各单位。海委的国际合作得益于共享,与法国有关单位的合作是在水利部的框架协议和直接领导下开展的,并与天津市水务局和河北省水利厅进行了共享;与德国波斯坦气候影响研究所和荷兰有关单位的合作渠道是与河北省水利厅共享的,与瑞典环境科学研究院的合作渠道是与天津市环境科学研究院共享的。很多出国交流的机会也都是依托中国水科院、部发展研究中心、黄委、珠委等兄弟单位的合作渠道。上述合作与交流渠道的共享支撑了海委对外开放工作的开展。今后,海委要进一步加大与国内外合作单位的共享力度,争取更多与欧美国家以及国际组织的合作机会,更好地支撑海河流域水利事业发展。

新机场防洪要求做好险工防护工程。

5 结语

通过水力学模拟方法,针对永定河泛区建立了洪水模拟模型,并应用于模拟分析北京新机场建设对下游屈家店枢纽行洪的影响。结果表明,新机场建设不会对屈家店枢纽的行洪造成显著影响。但同时应注意,由于新机场建设对大洪水情况下屈家店枢纽的行洪情况更为明显,还应关注和研究大洪水或不同洪水组合情况下屈家店枢纽行洪要素的变化,并适当修订大洪水情况下永定河防洪方案。

参考文献

- [1] Akanbi A A, Katopodes N D. Models for flood propagation on initially dry land [J]. Journal of Hydrologic Engineering, 1987, 114(15): 689-706.
- [2] 王俊,肖俊. 浅谈拟建桥梁对河道行洪和河势稳定的影响——以孔雀河复线大桥工程为例[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(2): 126-131.
- [3] 袁晶,张小峰,谢作涛. 公路建设对分洪区内洪水演进影响的数值模拟[J]. 武汉大学学报(工学版), 2005, 38(1): 64-68.
- [4] 董耀华. 葛洲坝工程对坝下游河道行洪影响的计算分析[J]. 水利学报, 1997(9): 48-54.
- [5] 麻荣永,梁红飞,梁军贤. 护岸工程对河道行洪的影响研究[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2000, 25(3): 220-224.
- [6] 马克俊. 珠江电厂1000t级码头工程行洪影响论证[J]. 甘肃水利水电技术, 2011, 47(7): 3-7.
- [7] 杨胜发,杨斌,许光祥. 丰都港复建工程对长江行洪能力影响研究[J]. 重庆交通学院学报, 2001, 20(4): 105-109.
- [8] 谷利华,岳红艳,张杰. 长江石首段航道整治工程行洪影响研究[J]. 人民长江, 2010, 41(8): 5-8.